



Pengolahan Limbah Tekstil Menggunakan Elektrokoagulasi

Tuani Lidiawati S^{1,2*}, Lieke Riadi^{1,2}, Liok Dimas Sanjaya¹ dan Whenny Ferydhiwati¹

¹Program Studi Teknik Kimia, FT, Universitas Surabaya, Jl. Raya Kalirungkut, Surabaya

²Pusat Studi Lingkungan, Universitas Surabaya, Jl. Raya Kalirungkut, Surabaya

*E-mail: tuani@staff.ubaya.ac.id

Abstract

The study investigates the influence of operating parameters such as initial pH and distance between electrode on COD and color removal from a laboratory scale batch electrocoagulation reactor using aluminum plate (Al) with a broad cross section of 80x80 mm² and 2 mm thick as the electrode. Synthetic wastewater Direc Red 12 B® and Direc Black Ex® is used in the study with a volume of 800 mL. The variations of experiments are distance between electrodes (2 cm, 3 cm and 4 cm) and the initial pH (4, 5, 6, 7). The samples are taken every 5 minutes for 60 minutes operating time. The results of the study indicate that electrocoagulation optimal condition occurs at electrode distance 2 cm and initial pH 5 with the color removal efficiency 94.5% of the Direc Red 12 B® and 98.3% of Black Direc Ex®, COD removal 91.25% of Direc Red 12 B® and 84.92% of Direc Black Ex®.

Keywords: electrocoagulation, aluminium plate, textile wastewater, COD, color removal

Pendahuluan

Industri tekstil yang semakin berkembang menyebabkan bertambahnya limbah cair yang cukup berbahaya bagi lingkungan karena limbah yang dihasilkan berwarna dan *non-biodegradable*. Pengolahan limbah tekstil yang selama ini telah dilakukan umumnya menggunakan pengolahan secara biologis. Metode pengolahan ini memiliki kelemahan persentase penurunan warna limbah tekstil yang rendah. Pengolahan air limbah industri tekstil lainnya yaitu pengolahan secara kimia. Pengendapan secara kimiawi tidak disarankan untuk digunakan sebagai pengolahan utama karena menimbulkan *sludge* dalam jumlah cukup besar juga air limbah akan mengandung bahan kimia yang berbahaya bila masuk ke badan air (Siregar, S.A., 2005). Berdasarkan pertimbangan kelemahan proses-proses pengolahan di atas dikembangkan metode pengolahan baru untuk mengolah limbah tekstil tanpa menggunakan bahan kimia dan biaya yang relatif lebih murah serta jumlah *sludge* yang lebih sedikit bila dibandingkan dengan pengolahan secara kimia menggunakan tawas. Metode alternatif yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metode elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi merupakan salah satu teknik pengolahan limbah cair dimana melibatkan reaksi elektrokimia di dalamnya. Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi dimana logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutub negatif, sedangkan elektroda positif akan teroksidasi yang berfungsi sebagai koagulan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait penggunaan metode elektrokoagulasi untuk mengolah limbah tekstil. Phalakornkule., dkk (2010) melakukan penelitian tentang pengolahan limbah tekstil asli dan buatan dalam menghilangkan warna dengan elektrokoagulasi. Penelitian dilakukan dalam kondisi batch dengan elektroda berupa besi dan aluminium sebanyak 5 pasang. Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan waktu 1, 2, 3, 4, 5, 10, dan 15 menit pada 1,8 L limbah dan digunakan kuat arus 10, 20, 30, dan 40 A m⁻². Selama percobaan reaktor diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 150 rpm. Setelah waktu tertentu proses elektrokoagulasi dидiamkan selama 20 menit kemudian supernatan diambil untuk dianalisa dengan hati-hati agar tidak terambil padatnya. Hasil yang didapat adalah besi lebih baik dalam penghilangan warna daripada aluminium dengan prosentase 96%-99%, dimana jarak antar elektroda sebesar 8 mm dan kuat arus 30 A m⁻² selama 5 menit sedangkan penghilangan warna untuk limbah tekstil asli lebih rumit daripada limbah tekstil buatan.

Penelitian yang dilakukan oleh Serdar Kara (2013) pada air limbah pencucian *container* yang mengandung bahan organik dan anorganik (tergantung bahan yang dibawa) yang bertujuan untuk mengetahui pH optimum, kuat arus, dan lama percobaan. Reaktor yang digunakan berukuran 130 x 130 x 120 mm³ dengan larutan sebanyak 1500 mL. Elektroda yang digunakan yaitu aluminium dengan kemurnian 99,5% sebanyak 2 pasang. Jarak antar elektroda sebesar 20 mm yang dipasang pada rangkaian paralel. Proses elektrokoagulasi dilanjutkan dengan filtrasi dan analisa berat residu untuk mengetahui jumlah *sludge* yang dihasilkan. Elektrokoagulasi sangat bergantung pada *initial pH*. Untuk mengetahui pH optimum dilakukan penelitian dengan variasi pH (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.5) dengan waktu operasi 30 menit. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi elektrokoagulasi pada penghilangan COD, warna dan turbiditas akan optimum pada *initial pH* 5 untuk elektroda jenis aluminium sebesar 42%, 97%, dan 97%. 400 A m⁻² dipilih sebagai kuat arus optimum ketika efisiensi COD, warna dan turbiditas sebesar 73%, 99% dan 99% untuk elektroda

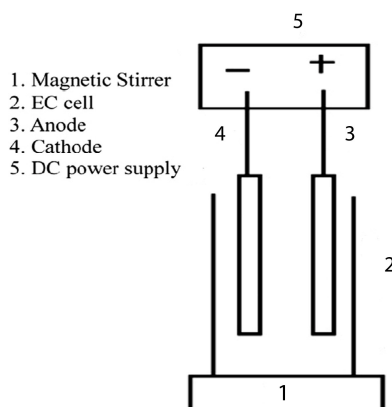


aluminium. Waktu operasi, efisiensi elektrokoagulasi COD, warna dan turbiditas tertinggi terjadi pada waktu 60 menit sebesar 76,3%, 98,9% dan 99,1%.

Dari percobaan sebelumnya terlihat bahwa jenis limbah yang berbeda akan memberikan hasil pengolahan yang berbeda pula meskipun metode elektrokoagulasi yang digunakan sama. Dari penelitian terdahulu belum ditemukan penelitian yang mengolah limbah sintetis industri tekstil menggunakan elektrokoagulasi dengan variasi pH awal dan jarak antar elektroda menggunakan elektroda Aluminium sehingga dalam penelitian ini akan dilakukan percobaan menurunkan konsentrasi warna dan COD limbah sintetis industri tekstil menggunakan metode elektrokoagulasi dengan variasi pH awal dan jarak antar elektroda.

Metodologi

Pada penelitian ini, bahan yang digunakan berupa limbah cair sintetis dari pabrik tekstil, NaOH, HCl, akuades, dan tawas. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah reaktor *flexi glass*, elektroda aluminium, DC Power Supply, dan *Magnetic Stirrer*. Limbah yang digunakan yaitu Direc Red 12 B[®] dan Direc Black Ex[®] dengan volume 800 mL dan konsentrasi 500 ppm. Percobaan dilakukan dengan tegangan 10 V dan waktu reaksi selama 60 menit. Proses dimulai dengan *pre-treatment* limbah cair sintetis yaitu dengan mengatur pH zat warna sesuai variasi, analisa kandungan COD, warna, dan TSS. Setelah itu, dilakukan proses elektrokoagulasi dengan melakukan variasi jarak antar elektroda dan pH awal zat warna. Jarak antar elektroda yang terbaik kemudian di variasi pH awal. Proses elektrokoagulasi dijalankan selama 60 menit dan tiap 5 menit diambil sampel untuk dianalisa kandungan COD dan warnanya.



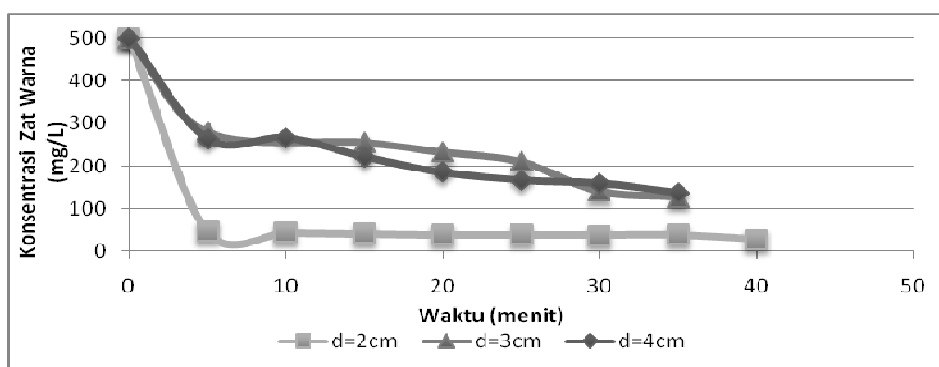
Gambar.1. Rangkaian Peralatan Elektrokoagulasi

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. pH awal limbah : 4, 5, 6, 7
2. Jarak antar elektroda : 2 cm, 3 cm, 4 cm

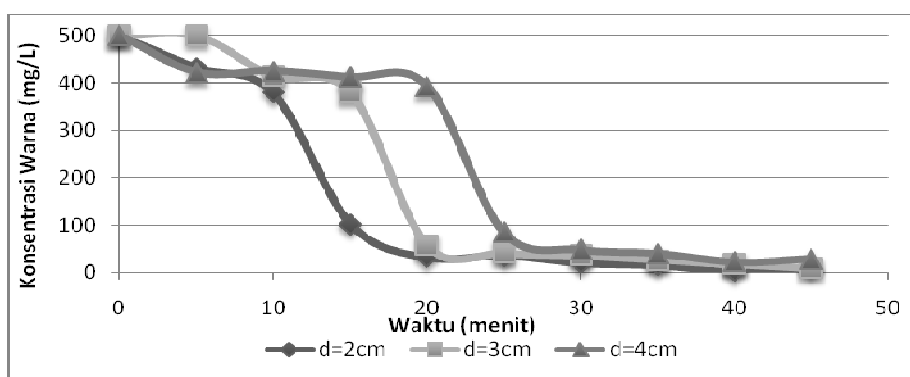
Hasil dan Pembahasan

Penurunan Konsentrasi Warna



Gambar 1. Profil Perubahan Warna terhadap Waktu dengan Variasi Jarak antar Elektroda dan pH awal 7 pada pewarna Direc Red 12 B[®]

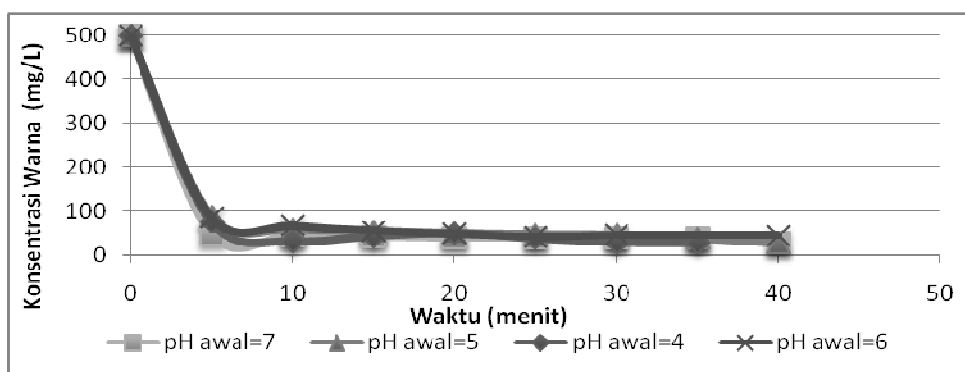
Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa dalam 5 menit pertama terjadi penurunan warna yang sangat signifikan yaitu dari konsentrasi 500 mg/L menjadi 47,2 mg/L pada variasi jarak antar elektroda 2 cm, sedangkan pada jarak 3 cm konsentrasi warna menjadi 280,3 mg/L dan pada jarak 4 cm konsentrasi warna menjadi 264,2 mg/L. Dapat disimpulkan bahwa penurunan warna melalui proses elektrokoagulasi lebih efektif dilakukan pada jarak antar elektroda 2 cm. Hal ini sesuai dengan Hukum Faraday : $w = \frac{V.A.t.Mr}{n.F.d.\rho}$; dimana semakin besar jarak antar elektroda (d) maka arus yang dihasilkan akan semakin kecil sehingga berat aluminium yang terlarut (w) juga akan semakin kecil. Semakin kecil aluminium yang terlarut menunjukkan bahwa produksi ion aluminium dan ion hidroksil yang berperan sebagai koagulan berkurang, sehingga efisiensi penurunan warna juga berkurang (Dalvand, dkk, 2011).



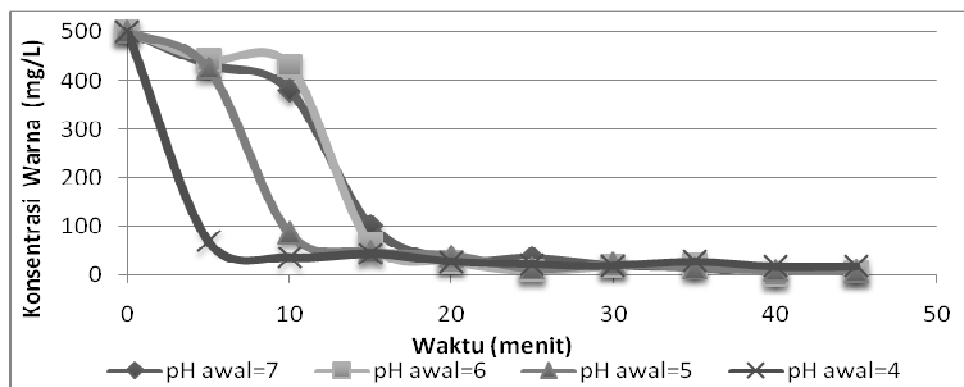
Gambar 2. Profil Perubahan Warna terhadap Waktu dengan Variasi Jarak antar Elektroda dan pH awal 7 pada pewarna Direc Black Ex®

Dari Gambar 2 terlihat bahwa pada awal reaksi penurunan warna tidak terlalu cepat, penurunan warna terjadi pada durasi 10 hingga 20 menit kemudian konsentrasi warna cenderung konstan. Fenomena ini berbedadengan fenomena elektrokoagulasi pada Direc Red 12B® dimana reaksi penurunan warna berlangsung cepat pada 5 menit pertama. Hal ini dapat disebabkan karena konduktivitas (daya hantar arus listrik) pada larutan Direc Black Ex® lebih kecil dibandingkan Direc Red 12B® sehingga reaksi elektrokoagulasi pada Direc Red 12B® lebih cepat dibandingkan Direc Black Ex®. Secara teori semakin kecil nilai konduktivitas suatu larutan maka kemampuan untuk menghantarkan arus listrik semakin kecil sehinggareaksi elektrokoagulasi pada Direc Black Ex® membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan pada Direc Red 12B®.

Namun, hasil penelitian menunjukkan efisiensi penurunan warna pada Direc Black Ex® lebih baik dibandingkan dengan Direc Red 12 B®. Hal ini bisa disebabkan karena besarnya voltage yang digunakan terbatas jika digunakan untuk mengolah Direc Red 12 B® yang memiliki nilai konduktivitas lebih besar dibanding Direc Black Ex®. Ada kemungkinan apabila voltage yang digunakan diperbesar maka efisiensi penurunan warna pada Direc Red 12 B® akan lebih baik dibandingkan dengan Direc Black Ex®.



Gambar 3. Profil Perubahan Warna terhadap Waktu dengan Variasi pH Awal pada Direc Red 12 B®

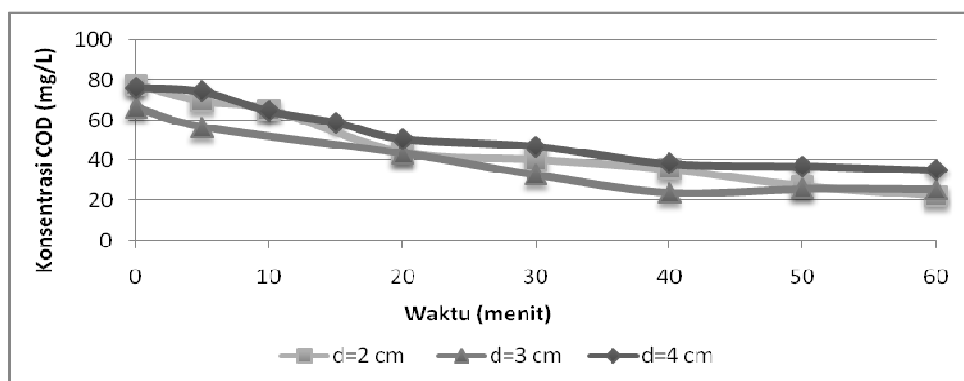


Gambar 4. Profil Perubahan Warna terhadap Waktu dengan Variasi pH Awal pada Direc Black Ex®

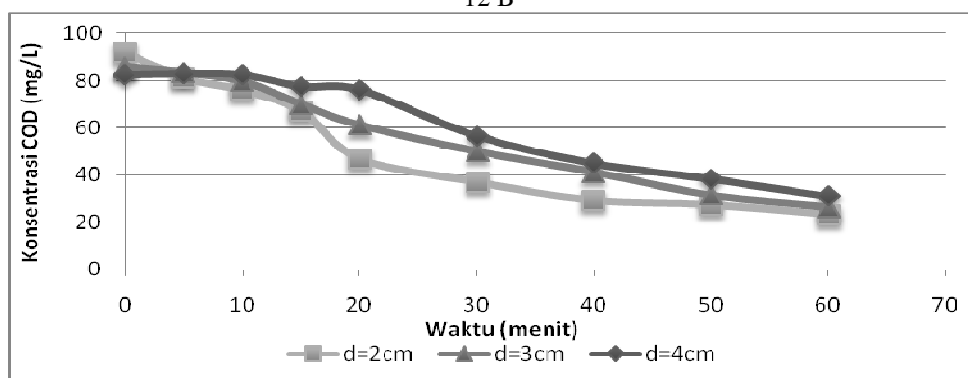
Dari Gambar 3 dan 4 dapat diketahui bahwa pengaturan pH awal tidak terlalu berpengaruh terhadap efisiensi penurunan warna. Perbedaan hanya terletak pada waktu reaksi atau kecepatan pengendapan flok yang mengadsorpsi warna. Pada Direc Black Ex® dengan pH awal 4 menunjukkan bahwa penurunan warna terjadi lebih cepat yaitu kurang dari 10 menit sedangkan untuk pH awal di atas 4 penurunan warna terjadi lebih dari 10 menit. Gambar 3 dan 4 menunjukkan bahwa kecepatan pengendapan partikel koloid (flok) pada Direc Red 12 B® lebih baik dibandingkan Direc Black Ex® untuk semua variasi pH awal. Fenomena yang sama terjadi saat pH awal 4 dimana kecepatan pengendapan Direc Black Ex® sama dengan Direc Red 12 B®. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pH awal mempengaruhi kecepatan pengendapan pada Direc Black Ex® namun tidak mempengaruhi efisiensi penghilangan warna untuk waktu reaksi lebih dari 20 menit.

Penurunan COD

Dari Gambar 5 dan 6 terlihat bahwa penurunan konsentrasi COD pada jarak antar elektroda 2 cm, 3 cm, maupun 4 cm memiliki penurunan yang stabil.



Gambar 5. Profil Penurunan Konsentrasi COD dengan Variasi Jarak antar Elektroda dan pH awal 7 pada Direc Red 12 B®



Gambar 6. Profil Penurunan Konsentrasi COD dengan Variasi Jarak antar Elektroda dan pH awal 7 pada Direc Black Ex®



Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah elektrokoagulasi dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi warna dan COD pada limbah cair sintetik industri tekstil. Semakin besar jarak antar elektroda, maka efisiensi penurunan warna dan COD semakin kecil. Kondisi optimal elektrokoagulasi terjadi pada jarak antar elektroda 2 cm dan pH awal 5 dengan efisiensi penurunan warna 94,5% untuk Direc Red 12 B[®] dan 98,3% untuk Direc Black Ex[®], COD 91,25% untuk Direc Red 12 B[®] dan 84,92% untuk Direc Black Ex[®].

Daftar Pustaka

- Dalvand. A., M. Gholami, A. Joneidi, 2011, Dye Removal, Energy Consumption and Operating Cost of Electrocoagulation of Textile Wastewater as a Clean Process, *Clean-Soil, Air, Water* 39 (7), 665-672.
- Kara, S., 2013, Treatment of Transport Container Washing Wastewater by Electrocoagulation, *Environmental Progress & Sustainable Energy* 32(2) 249-256.
- Khandegar, V. dan A.K, Saroha, 2013, Electrocoagulation for the Treatment of Textile Industry Effluent – A Review, *Journal of Environmental Management*, 128C, 949-963.
- Phalakornkule, C, S. Polgumhang, W. Tongdaung, B. Karakat, dan T, Nuyut, 2010, Electrocoagulation of Blue Reactive, Red Disperse and Mixed Dyes, and Application in Treating Textile Effluent, *Journal of Enviromental Management* 91, 918-926.
- Siregar, S.A., 2005, *Instalasi Pengolahan Air Limbah*, ed. 1, Kanisius, Yogyakarta.

Lembar Tanya Jawab
Moderator: Yusuf Izidin (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Notulen : Susanti Rina Nugraheni (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Andri Perdana (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan :
 - Apakah ada pretreatment terhadap limbah yang akan diolah?
 - Plat apa yang digunakan pada percobaan untuk menurunkan konsentrasi warna?Jawaban :
 - Tidak dilakukan pretreatment, karena limbah yang digunakan adalah limbah sintetik. Pemakaian limbah asli pernah dilakukan, tetapi ada kendala dengan peralatan supply DC yang digunakan, sehingga digunakan limbah sintetik.
 - Plat yang digunakan adalah plat aluminium dengan ukuran 8 cm x 8 cm. Plat ini digunakan berdasarkan penelitian sebelumnya bahwa perbandingan antara penggunaan plat dari Al dan Fe menghasilkan penelitian yang lebih baik jika menggunakan plat aluminium.
2. Penanya : Zainus Salimin (PUSPIPTEK)
Pertanyaan :
 - Apakah ada logam berat di limbah yang digunakan?
 - Bagaimana reaksi yang terjadi pada katoda dan anoda?
 - Bagaimana bentuk dari flok yang terbentuk, dan bagaimana mekanisme penyerapan logam berat pada flok?Jawaban :
 - Tidak dilakukan analisa logam berat yang ada dalam limbah, hanya informasi dari industri yang menyebutkan bahwa zat warna yang digunakan adalah zat warna Azo (Azo dyes).
 - Reaksi yang terjadi pada:
Katoda: $3\text{H}_2\text{O} + 3\text{e}^- \rightarrow 3\text{OH}^- + (3/2) \text{H}_2 (\text{g})$
Anoda: $\text{Al} (\text{s}) \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$
Sehingga nantinya plat anoda yang akan habis.
 - Flok yang terbentuk ada yang mengapung, bentuknya butiran yang terperangkap dalam gelembung karena mekanisme flotasi dan flok yang mengendap pada dasar reaktor elektrokoagulasi, flok seperti yang terjadi pada proses koagulasi-flokulasi menggunakan bahan kimia. Untuk mekanisme penyerapan logam berat atau zat warna adalah sama dengan proses yang terjadi pada proses koagulasi-flokulasi menggunakan bahan kimia.
3. Penanya : Yusuf Izidin (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan :
 - Mengapa digunakan plat Al?
 - Berapa besarnya laju pengurangan anoda?Jawaban :
 - Digunakan plat Al karena berdasarkan penelitian sebelumnya yang menggunakan plat Al lebih efektif dibandingkan jenis logam yang lain.
 - Laju pengurangan anoda cukup kecil, kurang dari 0,5 gram dari berat plat. Laju pengurangan diketahui dari penimbangan plat setelah waktu reaksi 60 menit.